

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat karena adanya gaya tarik antar atom atau molekul zat padat. Adsorben adalah zat yang memiliki kemampuan penyerapan, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap. Adsorben yang baik mampu mempertahankan senyawa yang terperangkap selama proses adsorpsi [8].

Terdapat dua jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika dihasilkan oleh interaksi gaya antarmolekul (ikatan van der Waals) terjadi efek tarik-menarik antarmolekul yang lemah antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat sehingga energi adsorpsi kecil. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi karena permukaan adsorben dan adsorbat membentuk adanya ikatan kimia berupa ikatan ion dan ikatan kovalen antara adsorben dan adsorbat. [9].

2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, antara lain [10] :

a. Waktu kontak dan pengadukan

Waktu kontak dan pengadukan yang lebih lama akan memberikan waktu kontak yang lebih lama untuk interaksi antara adsorben dengan adsorbat.

b. Luas permukaan adsorben

Dengan meningkatnya luas permukaan adsorben maka proses adsorpsi akan semakin meningkat. Ukuran dan pori-pori adsorben akan mempengaruhi luas permukaan. Semakin besar pori-pori pada adsorben maka semakin meningkat luas permukaan adsorben.

c. Massa Adsorben

Semakin banyak jumlah adsorben maka permukaan adsorben semakin besar. Semakin besar massa yang digunakan maka semakin tinggi efisiensi penyerapan adsorbat.

d. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat menentukan batas kemampuannya melewati ukuran pori adsorben. Laju adsorpsi menurun dengan bertambahnya ukuran partikel adsorbat.

e. Konsentrasi adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin meningkat proses adsorpsi. Adsorpsi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorben yang tersisa dalam larutan.

f. Suhu

Eksotermis biasanya terjadi selama adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat pada suhu yang lebih rendah dan menurun pada suhu yang lebih tinggi. Namun, pada adsorpsi kimia biasanya membutuhkan panas.

g. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah sedangkan adsorpsi basa organik terjadi pada pH tinggi.

2.1.2 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi terjadi ketika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul adsorbat. Proses tersebut menghasilkan gaya kohesif atau hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen antara molekul seluruh material. Perubahan konsentrasi molekul pada antarmuka padat atau fluida disebabkan oleh gaya yang tidak seimbang. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi atau menempel pada permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi atau menempel disebut adsorbat [11]. Proses adsorpsi menunjukkan bahwa karena adanya reaksi kimia dan fisika, molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi tergantung pada sifat molekul yang teradsorpsi, sifat zat padat yang mengadsorpsi, konsentrasi, suhu dan lain-lain [12].

2.2 Isoterm Adsorpsi

Konsentrasi adsorbat dapat diukur dengan mekanisme adsorpsi selama proses adsorpsi dengan menentukan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi menggambarkan hubungan antara konsentrasi kesetimbangan dari zat yang teradsorpsi dan jumlah

adsorbat di permukaan adsorben pada suhu konstan [13]. Isoterm adsorpsi memiliki beberapa jenis, antara lain adalah sebagai berikut.

a. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm Langmuir digunakan untuk menggambarkan adsorpsi kimia. Isoterm adsorpsi Langmuir adalah jenis adsorpsi *monolayer*. Irving Langmuir mengemukakan hubungan antara jumlah gas yang teradsorpsi pada permukaan dengan tekanan gas. Isoterm Langmuir sering digunakan untuk menggambarkan proses adsorpsi kimia. Sistem yang mengalami tipe isoterm Langmuir akan terus mengadsorpsi sampai tercapai lapisan tunggal. Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan beberapa asumsi, yaitu :

- 1) terbentuknya lapisan tunggal yang menyeluruh maka dapat terjadi adsorpsi maksimum.
- 2) energi adsorpsi konstan dan tidak tergantung pada sifat permukaan.
- 3) adsorpsi terjadi tanpa interaksi antar molekul adsorbat.
- 4) adsorbat teradsorpsi pada lokasi tertentu sehingga tidak dapat bergerak pada permukaan padatan dan bersifat irreversible [14].

Persamaan isoterm Langmuir adalah

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (2.1)$$

Keterangan :

q_e = kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g)

q_m = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_L = konstanta Langmuir

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

b. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm Freundlich paling umum digunakan karena dapat mengkarakterisasi proses adsorpsi dengan baik dan juga dapat digunakan pada permukaan yang heterogen. Asumsi yang digunakan pada isoterm adsorpsi Freundlich adalah :

- 1) molekul adsorbat tidak berasosiasi dan berdisosiasi setelah teradsorpsi pada permukaan padatan.
- 2) hanya terjadi mekanisme adsorpsi secara fisik, tidak ada adsorpsi kimia.
- 3) permukaan padat bersifat heterogen dengan afinitas berbeda [14].

Persamaan isoterm Freundlich adalah

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \quad (2.2)$$

Keterangan :

q_e = kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g)

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

K_f dan n = konstanta Freundlich

2.3 Kinetika Adsorpsi

Kinetika kimia mempelajari tentang kecepatan atau laju reaksi dan bagaimana proses reaksi terjadi. Orde reaksi merupakan bagian dari persamaan laju reaksi. Laju proses penyerapan adsorbat oleh adsorben dinyatakan sebagai fungsi konsentrasi terhadap waktu. Salah satu aspek yang digunakan untuk mengetahui waktu adsorpsi berlangsung. Laju penyerapan adsorbat oleh adsorben dengan bertambahnya waktu kontak merupakan salah satu parameter yang menggambarkan efisiensi adsorben. Model kinetika adsorpsi yang umum digunakan adalah persamaan orde nol, *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua. Persamaan orde nol didasarkan pada besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi pereaksinya [15]. Persamaan kinetika *pseudo* orde satu didasarkan pada daya serap adsorben terhadap adsorbat dengan mengasumsikan kelebihan konsentrasi adsorbat dibandingkan dengan sisi aktif pada permukaan adsorben, sedangkan persamaan kinetika *pseudo* orde dua digunakan untuk menjelaskan tentang kinetika adsorpsi. *Pseudo* orde dua ini mengasumsikan penentu laju reaksi adalah proses adsorpsi kimia termasuk pertukaran elektron antara adsorben dan adsorbat [16].

2.4 Metilen Biru

Metilen biru merupakan senyawa kimia aromatik heterosiklik yang bersifat toksik bagi lingkungan manusia. Metilen biru ini sering digunakan untuk zat warna dalam proses pewarnaan seperti pencelupan kapas, pewarnaan kain mori, kain katun, sutera dan kosmetik. Zat warna ini bersifat karsinogen sehingga dapat menyebabkan bahaya jika mengenai mata, kulit dan tertelan [17]. Dosis tinggi pada Metilen biru dapat menyebabkan sianosis jika terhirup, jika tertelan dapat

menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan, muntah-muntah, penyakit kuning, dan iritasi pada kulit jika mengenai kulit.

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna. Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Zat aromatik tidak jenuh dijumpai dalam pembentukan zat warna. Senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa – senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen [18].

Penghilangan zat pewarna dari air limbah telah menjadi perhatian, baik dalam arti estetika maupun sudut pandang untuk kesehatan [19]. Penghilangan warna dari limbah tekstil pada skala industri yang berkelanjutan telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir karena potensi toksisitasnya dan masalah visibilitas. Ada berbagai teknik yang menjanjikan untuk menghilangkan zat pewarna dari air limbah. Kelebihan dan kekurangan dari teknik-teknik yang sudah pernah dilakukan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah dapat dilihat dari tabel berikut [20].

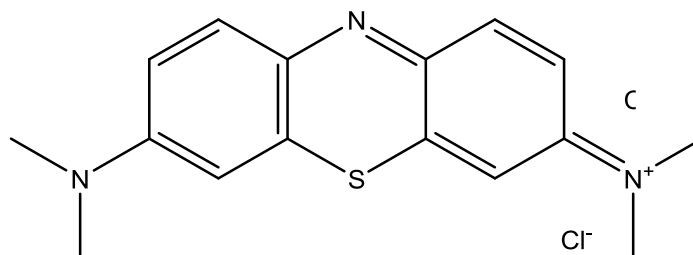
Tabel 2.1 Keuntungan dan kekurangan penghilangan zat warna

Teknik Pemisahan	Keuntungan	Kekurangan
Fisiokimia		
Adsorpsi	Kapasitas tinggi untuk semua pewarna	Tingginya biaya adsorben. Luas permukaan rendah untuk beberapa adsorben.
Pertukaran ion (<i>ion exchange</i>)	Regenerasi : Tidak ada kehilangan sorben	Tidak efektif untuk semua pewarna.
Selaput Penyaringan (membran)	Efektif untuk semua pewarna dengan kualitas tinggi	Cocok untuk menangani rendah volume dan produksi lumpur.
Elektrokinetik koagulasi	Secara ekonomi layak	Perlu perawatan lebih lanjut oleh flokulasi dan filtrasi dan produksi lumpur yang tinggi.

Teknik Pemisahan	Keuntungan	Kekurangan
Penyinaran	Oksidasi efektif pada skala lab	Membutuhkan banyak terlarut O ₂
Kimia		
Reagen Fenton	Proses yang efektif dan reagen murah.	Produksi lumpur dan masalah pembuangan.
Ozonasi	Tidak ada produksi lumpur. Ozon dapat diterapkan dalam keadaan gas dan tidak meningkat volume air limbah dan lumpur	Waktu paruh sangat singkat dan operasional tinggi biaya.
Fotokatalis	Layak secara ekonomi dan operasional rendah biaya.	Degradasi beberapa fotokatalis menjadi produk sampingan yang beracun.
Proses Oksidatif	Kesederhanaan aplikasi	(H ₂ O) agen perlu diaktifkan dengan beberapa cara
NaCl (Natrium Klorida)	Memulai dan mempercepat pembelahan ikatan azo	Pelepasan amina aromatik
Biologi		
Degradasi aerobik	Efisien dalam pergerakan pewarna azo dan biaya operasional yang rendah.	Proses yang sangat lambat dan provide lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme.
Degradasi anaerobik	Produk sampingan dapat berupa digunakan sebagai sumber energi	Perlu perawatan lebih lanjut dalam kondisi aerobik dan hasil metana dan hidrogen sulfida.

Keefektifan teknik adsorpsi menjadi alternatif ideal untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Beberapa keuntungan dari proses adsorpsi adalah memungkinkan regenerasi dengan biaya rendah, operasi bebas lumpur dan

pemulihan sorbat. Dari penelitian Sara Dawood, Tushar K Sen [21] dan Mustafa T.Yagub, dkk. [22], proses adsorpsi juga dianggap menjadi teknik pemisahan yang sangat efektif dalam pengolahan air limbah dalam hal fleksibilitas dan kesederhanaan desain, biaya, kemudahan operasi dan tidak sensitif terhadap zat beracun. Selain itu, adsorpsi tidak menghasilkan zat berbahaya. Berikut struktur dari metilen biru dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur metilen biru

Sumber : ChemSketch

Sifat fisik dari Metilen Biru dapat dilihat dari Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat fisik metilen biru

No	Sifat Fisik	Metilen Biru
1	Nama Kimia	<i>[7-(dimethylamino)phenothiazin-3-ylidene]-dimethylazanium;chloride</i>
2	Rumus Kimia	$C_{16}H_{18}N_3SCl$
3	Massa Molekul	319,86 g/mol
4	Titik Lebur	100 – 110°C
5	Titik Didih	Terurai

2.5 Kulit Pisang

Kulit pisang merupakan limbah dari buah pisang yang cukup banyak jumlahnya dan mudah ditemukan. Umumnya, kulit pisang dibuang sebagai limbah organik atau digunakan sebagai pakan ternak seperti kerbau, kambing dan sapi [23]. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak dapat dimanfaatkan untuk adsorpsi pewarna tekstil.

Salah satu jenis pisang yaitu pisang tanduk (*Musa paradisiaca*). Pisang tanduk sering dijumpai di penjual pinggir jalan. Saat belum matang, kulit pisang berwarna hijau muda dan berubah menjadi kuning kecoklatan saat matang. Pisang

tanduk tersedia sepanjang tahun di pasaran karena pisang tanduk merupakan buah yang tidak mengenal musim.

Kandungan kulit pisang terdiri dari sejumlah sulfur, nitrogen dan komponen organik seperti asam karboksilat, hemiselulosa, pigmen klorofil, selulosa dan zat pektin yang mengandung asam galakturonat, rhamnosa, galaktosa dan arabinosa. Kulit pisang mengandung polisakarida dapat dijadikan adsorben yang dapat melakukan penyerapan zat warna. Senyawa dalam kulit pisang yang berperan untuk mengadsorpsi zat warna memiliki gugus fungsi karboksil yang membuat kulit pisang menjadi bahan adsorben untuk menghilangkan berbagai senyawa ionik dari larutan encer [24].

2.6 Dasar Pengukuran Instrumen

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik yang dimiliki adsorben. Karakterisasi pada penelitian ini menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sedangkan karakterisasi SEM bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan adsorben [25]. Pada proses hasil adsorpsinya, Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi pada adsorbat hasil adsorpsi sehingga dapat diketahui konsentrasi akhirnya [26].

2.7 Metode Enkapsulasi Adsorben

Tujuan dari metode enkapsulasi adsorben adalah untuk meningkatkan kualitas fisik material dan mengatasi kelemahan sebagai adsorben. Dalam penggunaannya, adsorben jenis serbuk akan menyebar dalam air dan sulit untuk dipisahkan. Metode enkapsulasi diterapkan untuk meminimalkan masalah dari penggunaan adsorben serbuk. Metode enkapsulasi adalah solusi yang menjanjikan dari penggunaan adsorben serbuk, karena memiliki keunggulan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi [7].

Metode enkapsulasi dilakukan dengan cara menambahkan adsorben serbuk kulit pisang ke dalam larutan natrium alginat 2%, kemudian larutan tersebut ditetaskan ke dalam larutan CaCl_2 2% sebagai agen ikat silang. Melalui hubungan silang

(*cross linking*) alginat dengan ion kalsium divalen seperti dalam model “*egg box*” dapat diubah menjadi bentuk hidrogel. Beberapa keunggulan dari alginat gel yaitu berasal dari alam, bersifat biodegradasi, hidrofilik, dan mengandung gugus karboksil [27].